

Penerapan *Reversible Contrast Mapping* pada *Audio Watermarking*

Hendra dan Marzhelly Djuan Kristanta*

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dalam hal pertukaran informasi yang semakin canggih menuntut adanya solusi untuk mengatasi masalah mengenai izin penggunaan, penggandaan, maupun pemodifikasian suatu produk digital. *Digital watermarking* merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu teknik *watermarking* yang dapat digunakan dalam penyembunyian informasi citra digital adalah *Reversible Contrast Mapping*. Dalam tulisan ini, *reversible contrast mapping* diterapkan pada audio dengan mentransformasi seluruh pasangan byte yang nilai bit-nya bukan merupakan bilangan ganjil dan menyisipkan *payload* pada salah satu dari pasangan byte tersebut. Sedangkan pasangan byte yang kedua lainnya merupakan bilangan ganjil, penyisipan *payload* dilakukan dalam proses transformasi. Hasil dari penulisan ini menunjukkan bahwa semakin kecil control distorsi yang diberikan maka nilai SNR akan semakin besar. Selain itu, ukuran *payload* yang digunakan tidak mempengaruhi nilai SNR yang dihasilkan.

Kata kunci: audio, digital watermarking, Reversible Contrast Mapping.

1. Pendahuluan

Watermarking adalah suatu bentuk steganografi yaitu ilmu yang mempelajari tentang penyembunyian suatu data pada data yang lain. *Watermarking* juga merupakan suatu teknik dalam membantu pengamanan berkas-berkas digital dengan memberikan suatu tanda tertentu pada berkas tersebut untuk menunjukkan akan kepemilikan dari berkas tersebut [4].

Pengamanan data menggunakan watermarking dapat diterapkan pada semua dokumen multimedia seperti citra, audio dan video. Teknik watermarking memanfaatkan kelemahan indera penglihatan maupun pendengaran manusia yang tidak sensitif dalam membedakan objek yang serupa sehingga tidak dapat mendeteksi keberadaan watermark yang tersembunyi dalam suatu media. *Reversible watermarking* adalah salah satu jenis watermarking dimana media host dapat dipulihkan setelah watermark dalam media tersebut dikeluarkan. Saat ini telah banyak metode watermarking jenis ini yang ditemukan khususnya pada media citra. Skema metode watermarking menggunakan banyak pendekatan di antaranya menggunakan kompresi data, *difference expansion* dan pergeseran histogram [2]. Selain ketiga skema tersebut masih terdapat satu skema yang masih tergolong baru yaitu menggunakan transformasi integer. Dalam skema ini hanya terdapat dua jenis metode yaitu *Reversible Contrast Mapping* (RCM), lihat [1], dan *Reversible Low Contrast Mapping* (RLCM), lihat [3].

Penerapan metode watermarking pada media audio disebut sebagai audio watermarking. Dibandingkan watermarking pada media yang lain, audio watermarking lebih sulit dikembangkan karena indera pendengaran manusia lebih sensitif dibandingkan indera yang lain. Saat ini telah

* Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar

banyak metode audio watermarking yang dikembangkan dengan skema yang berbeda-beda di antaranya menggunakan metode Quantisasi, *Spread-Spectrum*, *watermark shaping*, metode dua himpunan, replika, metode *self-marking* dan metode sinkronisasi [5].

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode reversible watermarking yang dikembangkan oleh Coltuc dan Chassary yaitu metode RCM pada media audio. Penggunaan metode RCM pada audio serupa dengan metode quantisasi pada digital audio tetapi karena sifat watermarking ini yang reversible sehingga penerapannya sangat berbeda dengan metode quantisasi maupun metode audio watermarking yang lain.

2. Metode Penelitian

Pada tahun 2007, Coltuc dan Chassery mengembangkan suatu skema *watermarking* pada domain spasial dengan menggunakan suatu fungsi transformasi integer yang diaplikasikan pada pasangan piksel yang bertetangga. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penulisan yang menggunakan audio sebagai media ini pun, fungsi transformasi tersebut akan diaplikasikan pada pasangan byte yang bertetangga, dengan fungsi transformasi yang didefinisikan sebagai berikut :

$$x' = 2x - y \quad \text{dan} \quad y' = 2y - x \quad (1)$$

Sedangkan fungsi invers didefinisikan sebagai berikut :

$$x = \left\lceil \frac{2}{3}x' + \frac{1}{3}y' \right\rceil \quad \text{dan} \quad y = \left\lceil \frac{1}{3}x' + \frac{2}{3}y' \right\rceil \quad (2)$$

Kedua fungsi inilah yang kemudian disebut sebagai *Reversible Contrast Mapping* (RCM). Kedua fungsi ini memiliki sifat khusus yaitu jika x dan y keduanya bukan bilangan ganjil maka pergantian *least significant bit* (LSB) kedua hasil transformasi dengan persamaan (1) yaitu x' dan y' menjadi '0' akan tetap menghasilkan nilai x dan y yang benar setelah ditransformasi balik dengan persamaan (2). Akan tetapi jika x dan y keduanya adalah bilangan ganjil, kedua fungsi ini tidak dapat menghasilkan nilai x dan y yang benar jika LSB x' dan y' diganti dengan '0'.

2.1 Metode Penyisipan Watermark

Sama halnya proses penyisipan citra *watermark* pada citra yang telah dikembangkan oleh Coltuc dan Chassery, penyisipan citra *watermark* (*payload*) pada audio pun dilakukan dengan memanfaatkan sifat istimewa dari *Reversible Contrast Mapping*, yaitu dengan mentransformasi seluruh pasangan byte yang nilai bit-nya bukan merupakan bilangan ganjil dan kemudian menyisipkan *payload* pada salah satu dari pasangan byte tersebut. Sedangkan untuk pasangan byte yang kedua nilai bit-nya merupakan bilangan ganjil, maka penyisipan *payload* dilakukan dalam proses transformasi.

Metode ini bekerja pada domain waktu dimana signal audio sebagai media penyimpanan data. Pada audio satu channel, pasangan data didefinisikan dari signal audiopada dua waktu yang berdekatan. Sedangkan pada audio dua channel pasangan data didefinisikan dari kedua nilai signal pada waktu yang sama dari masing-masing channel.

Proses penyisipan harus menghindari terjadinya *overflow* dan *underflow* yaitu kondisi dimana hasil transformasi di luar domain nilai intensitas sehingga hasil tranformasi dibatasi oleh $D \subset [0, L] \times [L, 0]$ dimana $L = 255$ untuk audio dengan format file WAV satu channel. Selain itu, byte-byte yang berada pada tepi domain D yang merupakan byte ambiguitas harus ditangani

dengan baik sehingga byte-byte ini tidak menyebabkan kesalahan dalam proses deteksi *watermark*.

Dalam metode ini, proses penyisipan dilakukan pada pasangan byte dalam audio dimana pasangan nilai byte (x, y) ditransformasi ke persamaan (1) sehingga diperoleh pasangan byte (x', y') . Langkah selanjutnya LSB dari x' diganti dengan 1. Hasil proses ini adalah LSB dari y' dapat diganti untuk menyisipkan bit *watermark*. Akan tetapi jika (x, y) berada dalam D_c tetapi keduanya merupakan pasangan bilangan ganjil maka nilai x' dan y' diambil dari nilai x dan y kemudian LSB dari x' diganti dengan 0. Seperti sebelumnya, hasil dari langkah ini LSB dari y' dapat diganti untuk menyisipkan bit *watermark*. Jika pasangan nilai byte (x, y) berada di luar D_c maka nilai x' dan y' diambil dari nilai x dan y kemudian LSB dari x' diganti dengan 0. Sedangkan LSB dari x harus disimpan untuk proses *recovery*.

Pasangan byte (x, y) dikatakan berada dalam D_c jika memenuhi syarat berikut :

1. $0 \leq 2x - y \leq L$ dan $0 \leq 2y - x \leq L$
2. (x, y) bukan merupakan pasangan piksel ambiguitas yaitu tidak memenuhi salah satu dari persamaan berikut $2x - y = 1$ atau $2x - y = L$ atau $2y - x = 1$ atau $2y - x = L$

Untuk menyisipkan *payload* yang lebih besar, proses penyisipan dapat dilakukan dalam beberapa *level*, yaitu dengan mengulang proses penyisipan tersebut sejumlah *level* yang diinginkan dimana audio ter-*watermark* hasil suatu *level* dijadikan audio host pada *level* berikutnya. Bit-bit *payload* yang belum termuat pada *level* pertama akan disisipkan pada *level* selanjutnya.

2.2 Deteksi dan Recovery

Proses deteksi dan *recovery* dilakukan dengan memeriksa nilai LSB dari byte yang dijadikan kode dalam proses penyisipan. Dalam proses ini, audio harus dikelompokkan kedalam pasangan-pasangan byte (x', y') . Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap setiap pasangan byte apakah LSB dari x' adalah 1, jika terpenuhi maka LSB dari y' diganti dengan 0 yang kemudian ditransformasi balik dengan menggunakan persamaan (2).

Jika LSB dari x' adalah 0 dan setelah LSB dari pasangan byte (x', y') diganti dengan 1 masih berada dalam D_c maka LSB dari y' harus disimpan sebagai barisan *watermark* yang terdeteksi. Namun, jika setelah LSB dari pasangan byte (x', y') diganti dengan 1 tidak berada dalam D_c maka diberikan tanda positif pada byte x' karena byte tersebut harus diganti dengan bit-bit *watermark* yang telah terdeteksi sebelumnya

2.3 Kapasitas Penyembunyian Data

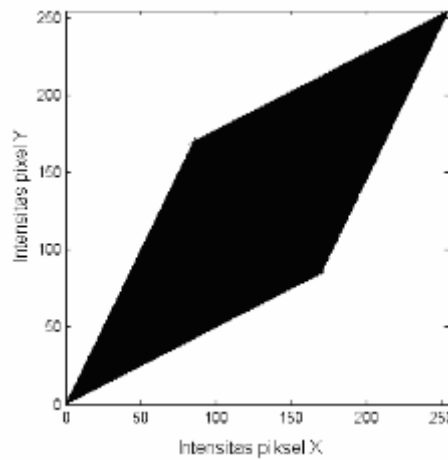
Kapasitas penyembunyian data baik pada citra maupun audio merupakan kapasitas maksimum *payload* yang dapat disisipkan. Dalam penulisan ini, proses penyisipan *payload* akan dilakukan dengan audio sebagai medianya sehingga kapasitas penyembunyian data dinyatakan dalam satuan jumlah bit per byte. Kapasitas maksimum *payload* yang dapat disisipkan pada suatu audio merupakan selisih dari jumlah pasangan byte yang dapat disisipi dengan jumlah pasangan byte yang tidak dapat disisipi bit *watermark*. Nilai ini akan membatasi ukuran *payload* yang akan disisipkan yaitu jika ukuran *payload* lebih besar daripada nilai kapasitas maksimum tersebut akan menyebabkan tidak seluruh bit pada *payload* akan disisipkan. Besarnya nilai dipengaruhi oleh hubungan nilai intensitas pasangan byte dalam audio dan control distorsi yang digunakan.

Sehingga kapasitas penyembunyian data pada audio dapat dihitung dengan rumus :

$$B = \frac{2T - P}{2P} bpb \quad (3)$$

dimana P adalah jumlah pasangan byte dan T adalah jumlah pasangan byte yang dapat disisipi *watermark*.

Fungsi ini diperoleh berdasarkan algoritma yang digunakan, dimana hubungan antara pasangan intensitas piksel ditunjukkan pada Gambar 1. Bagian yang diberi warna hitam adalah pasangan intensitas piksel yang dapat digunakan untuk menyisipkan *watermark* (*embeddable*) sedangkan selebihnya adalah pasangan intensitas piksel yang tidak dapat digunakan untuk menyisipkan *watermark* (*non-embeddable*) sehingga salah satu LSB dari pasangan tersebut harus disimpan kembali bersama *payload* untuk proses *recovery*.



Gambar 3. Hubungan Nilai Intensitas antara Pasangan Piksel pada Metode Coltuc dan Chassery.

2.4 Kontrol Distorsi

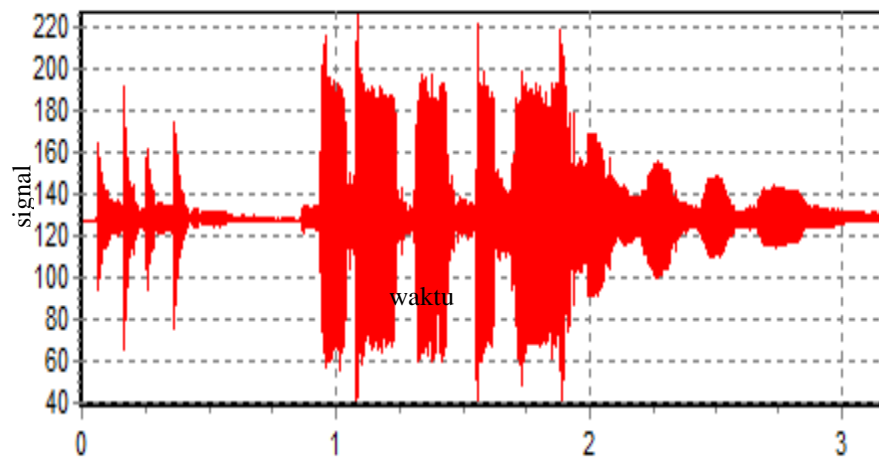
Kontrol distorsi didefinisikan sebagai perbedaan antara nilai byte x pada audio asli dengan nilai byte x' pada audio ter-*watermark*. Kontrol distorsi diperlukan untuk menghindari rendahnya *fidelity* yang ditimbulkan akibat transformasi. Berdasarkan transformasi yang digunakan oleh Coltuc dan Chassery maka kontrol distorsi dinyatakan sebagai berikut :

$$|x - y| \leq \delta \quad (4)$$

dimana δ adalah nilai *threshold*

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, metode *Reversible Contrast Mapping* diimplementasikan pada file audio dengan format WAV yang berukuran 111 kb. Gambar 2 menunjukkan signal audio pada domain waktu. Adapun *payload* yang digunakan berupa dua buah citra biner dengan masing-masing ukuran yang berbeda, yakni 116 x 104 atau sebesar 12080 bit dan 108 x 47 atau sebesar 5076 bit yang diperoleh dari jumlah piksel dalam *payload* ditambah 16 bit yang selanjutnya akan digunakan untuk menyimpan informasi (lihat Gambar 3).



Gambar 2. Grafik Signal Audio Media Host.

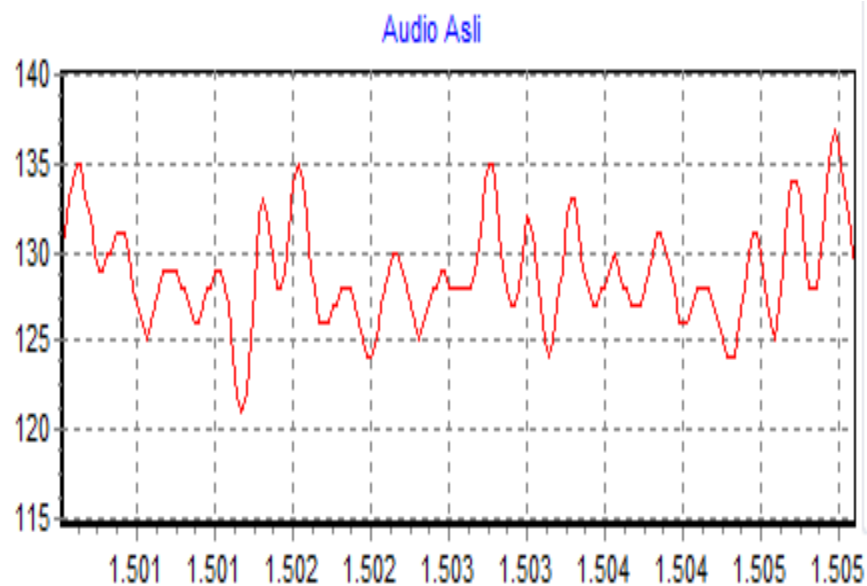
**CONTOH**

a. Citra Logo (116 x 104)

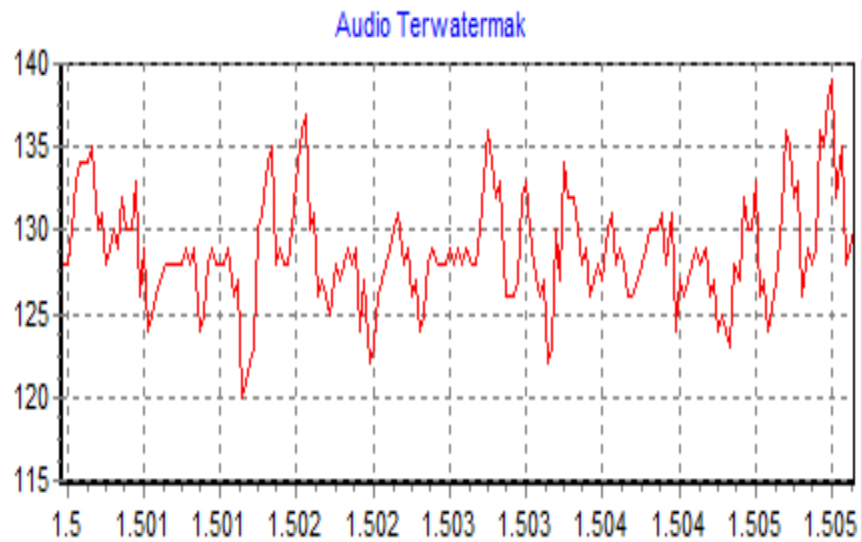
b. Citra contoh (108 x 47)

Gambar 3. Citra *Watermark*

Pada Gambar 6 ditunjukkan perbandingan signal audio asli dan signal audio terwatermark dimana proses watermarking dilakukan dengan menyisipkan citra logo sebagai *payload*-nya dan menggunakan kontrol distorsi sebesar 255. Pada gambar tersebut terlihat perubahan pada signal audio cukup signifikan tetapi karena dilakukan pada rangkaian waktu yang berdekatan sehingga perubahan ini tidak terdengar dengan jelas oleh indera pendengaran manusia.



(a) Audio Asli



(b) Audio Terwatermark

Gambar 4. Contoh Sampel Audio Asli dan Audio Terwatermark pada Suatu Potongan Waktu.

Kualitas hasil watermarking menggunakan metode RCM sangat tergantung pada kontrol distorsi yang diberikan. Semakin kecil nilai kontrol distorsi yang diberikan semakin baik kualitas audio watermarking yang dihasilkan. Ukuran citra *payload* tidak berpengaruh secara signifikan pada kualitas audio terwatermark. Ukuran *payload* yang besar dapat menyebabkan gagalnya penyisipan karena kapasitas penyembunyian data yang lebih kecil dibandingkan ukuran *payload* tersebut.

Tabel 1. Perbandingan Nilai SNR Hasil Kontrol Distorsi yang Diberikan pada Signal Host.

Kontrol Distorsi	Nilai SNR (dB)	
	Citra contoh	Citra logo
255	29,3174	29,3142
100	29,3174	29,3142
50	29,3174	29,3142
25	29,4163	29,4121
10	33,8456	33,8351
5	38,3693	38,3498
2	40,4968	40,4889

Pada Tabel 1 di atas ditunjukkan perbandingan kualitas audio terwatermark dengan kontrol distorsi yang berbeda dan perbandingan kualitas audio terwatermark pada kedua *payload* yang digunakan.

Pada Tabel 2 diberikan perbandingan kapasitas penyembunyian data metode RCM pada kontrol distorsi yang beda dengan *payload* menggunakan adalah citra logo. Hasil pengujian menunjukkan semakin kecil kontrol distorsi yang diberikan semakin kecil pula watermark yang dapat disembunyikan pada audio tersebut. Hal ini menyebabkan penentuan kontrol distorsi harus disesuaikan dengan ukuran *payload* yang akan disembunyikan

Tabel 2. Perbandingan Kapasitas Penyembunyian Data.

Kontrol Distorsi	Kapasitas Penyembunyian Data (bit)
255	57068
100	57068
50	57068
25	56970
10	49312
5	38700
2	28966

4. Kesimpulan

Metode audio watermarking menggunakan RCM menggunakan skema watermarking yang serupa dengan metode kuantisasi akan tetapi kelebihan metode ini adalah sifat reversiblenya sehingga audio terwatermark dapat dipulihkan kembali seperti semula. Pada metode ini kualitas audio terwatermark dapat diatur dengan mengubah kontrol distorsi yang diberikan. semakin kecil kontrol distorsi yang diberikan semakin baik kualitas audio terwatermark, dan di sisi lain akan menyebabkan semakin kecilnya kapasitas penyembunyian data pada audio host.

Daftar Pustaka

- [1] Chassery dan Coltuc, 2007. Very Fast Watermarking by Reversible Contrast Mapping. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 14, no. 4.
- [2] Feng J.B., Lin I.C., Tsai C.S., Chu Y.P., 2006. Reversible Watermarking: Current Status and Key Issue. *International Journal of Network Security*, Vol. 2, No. 33. PP.161-171.
- [3] Hendra, 2008. Reversible Watermarking Menggunakan Transformasi Integer, *Tesis S2 Ilmu Komputer*, UGM.
- [4] Juanda, Kuspriyanto, Supangkat, Suhono H., 2000. *Watermarking Sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta pada Data Digital*. Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung.
- [5] Kim H.J., 2012. *Audio Watermarking Techniques*. Sumber: [http://omen.cs.uni-magdeburg.de/cms/upload/lehre/sommer05/audiowatermarking techniques.pdf](http://omen.cs.uni-magdeburg.de/cms/upload/lehre/sommer05/audiowatermarking%20techniques.pdf), [Diakses 11 Februari 2012]